

## *Atomenergia*

### A PAKSI ATOMERŐMŰ ÜZEMIDŐ-HOSSZABBÍTÁSA

Katona Tamás János

CSc, tudományos tanácsadó, Paksi Atomerőmű Zrt.

katonat @npp.hu

#### *Bevezetés*

Hazánk energiastratégiájában, amely a környezetvédelmi, ellátásbiztonsági és gazdasági célok megvalósítását egyaránt szolgálja, a paksi atomerőmű hosszú távú, biztonságos üzemeltetésének fontos szerepe van. Bizonyítható, hogy a paksi atomerőmű az eredetileg tervezett harminc év üzemidőt követően még további húsz évig biztonságosan és gazdaságosan üzemben tartható.

A paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbítása komplex feladat, amelynek számos előfeltétele van, amely az erőmű üzemeltetési engedélyének megújítását követeli meg, s amely folyamatos és rendszeres tevékenységet jelent a meghosszabbított üzemidő végéig. Mindezek lényege, hogy biztosítani és igazolni kell az atomerőmű biztonságát, fenn kell tartani az erőmű megkövetelt műszaki állapotát, versenyképesnek kell maradni, továbbá meg kell őrizni a társadalom bizalmát, támogatását. Itt az üzemidő-hosszabbítás specifikus műszaki feladatait mutatjuk be.

#### *Az üzemidő-hosszabbítás sajátos műszaki feladatai*

A paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbításának lehetősége bizonyos adottságoknak, mint a terv robusztussága, és az eddigi üzemeltetési gyakorlatnak, a biztonságnövelő programoknak, a műszaki felülvizsgálati és állapotfenntartási tevékenységnek köszönhető. Az üzemidő-hosszabbítás előfeltétele az atomerőmű biztonsága. Ez nem az üzemidő-hosszabbításhoz kötődő specifikus feltétel, jóllehet az üzemidő-hosszabbítás centrális kérdése lényegében biztonsági.

Az üzemidő-hosszabbítás nem más, mint az üzemeltetési engedély újbóli megszerzése, s mint ilyen az engedélyezési eljárás által vezérelt, tartalmában és folyamatában ezáltal meghatározott tevékenység. Köztudott, az üzemidő-hosszabbítás engedélyezésének két fő vonulata van: a környezetvédelmi és a nukleáris biztonsági.

A nukleáris biztonsági engedélyezés feltétele, hogy legyen az üzemeltetőnek programja, amely megvalósításával az erőmű hosszú távon, biztonságosan üzemeltethető. Ennek középpontjában a passzív, hosszú élettartamú, nem cserélhető vagy ésszerűségi szempontok alapján nem cserélendő, az üzemidőt ténylegesen meghatározó szerkezetek és komponensek öregedésének kezelése áll. Az üzemidő-hosszabbítás engedélyezéséhez és a szükséges program kidolgozásához három fő műszaki feladatot kell végrehajtani:

- \* Meg kell vizsgálni, és értékelni kell az erőmű műszaki állapotát.
- \* Igazolni kell, hogy az öregedéskezelési programok biztosítják a hosszú távú, biztonságos üzemeltetést, s ha nem, módosítani, fejleszteni kell azokat.
- \* Meg kell vizsgálni, hogy az üzemidőt explicite tartalmazó elemzések, mint például a fáradásszámítások, korlátozzák-e a hosszú távú üzemeltetést, s ha igen, kezelni kell a problémát.

Az üzemidő-hosszabbítás programja akkor teljes, ha az élettartamot korlátozó szerkezetek, komponensek öregedéskezelését kiegészítik az üzemeltető egyéb programjai, amelyek az aktív rendszerek, rendszerelemek, az erőmű egésze megkövetelt műszaki állapotának fenntartását szolgálják. Ilyen a karbantartás, műszaki felülvizsgálatok programja, a karbantartás hatékonyságának biztonsági szempontok szerinti értékelése, ellenőrzése, a minősített állapot fenntartását szolgáló programok, az állapotfüggő, az erkölcsi avulást is kezelő fenntartások, cserék, rekonstrukciók programja. Mindezek együtt az öregedéskezelési programmal az erőmű komplex élettartam-gazdálkodását adják ki.

### *Öregedéskezelés*

Az öregedés a szerkezet jellemzőinek fokozatos változása az idő múlásával az üzemeltetés, az üzemi körülmények hatására. Az öregedés nem iktatható ki, legfeljebb lassítható. Az öregedés az anyag és a környezet, a szerkezet és a terhek bonyolult fizikai, kémiai kölcsönhatása, amelyet a romlási folyamatok és a következmények, illetve a funkció és a biztonság összefüggésében kell vizsgálni és értékelni. Azon túl, hogy a biztonsági funkció megítélése sem egyszerű kérdés, a fő problémát a dolgok sokfélesége, valamint a degradációs folyamatok komplexitása okozza. Az anyagokat tekintve számolni kell például a földművekben lévő talajtól kezdve a különféle anyagminőségű, tulajdonságú beton-, vasbeton és acélszerkezetekkel, szintetikus anyagokkal. A közeg, amelyben az atomerőmű szerkezetei működnek, igen sokféle, közel száz lehet, például: levegő, talajvíz, talaj, technológiai közegek. Ha csak az anyagok és a környezet megvalósuló párosításait számba vesszük, könnyen belátható, hogy ez a sokféleség bizony nehezen kezelhető. Ha ehhez hozzávesszük újabb rendező szempontként a berendezés típusát, biztonsági osztályát, harmincezernél több tételt kapunk csak a gépésztechnológiai területen, amelynek öregedéskezelését biztosítani kell.

A szerkezet és a terhelések összerendelése is sokrétű feladat, amihez tudni kell, hogy bizonyos terhelési esetek milyen számban fordulhatnak elő az erőmű teljes élettartama alatt, s ismerni kell azokat a szilárdsági, törésmechanikai elemzéseket, amelyek eredménye a

terhelési esetek számát korlátozza. S itt elkerülhetetlen a terhek újbóli meghatározása, a szerkezet és a terhek összerendelése. Ez az üzemi és üzemzavari állapotok, tranziensek elemzésén alapul, amelyből meg kell határozni az erőmű szerkezeteire, komponenseire ható terheket. Ez a teherkatalógus szükséges ahhoz, hogy az élettartam-korlátozó folyamatokat elemezzük, a kritikus helyeket meghatározzuk. Lényegében az erőmű legfontosabb berendezéseinek újratervezése történik, mert megváltozott a tervezési alap, megváltoztak a követelmények, amelyet az erőműnek teljesíteni kell, megváltozott sok esetben a konstrukció az átalakítások miatt, de leginkább megváltoztak az elemzési módszerek, a számítási technikák, s az alkalmazott szabványok. Tekintettel arra, hogy a korábbi számítások konzervatív módon történtek, a beépített, betervezett mérnöki tartalékok, ma pontosabb elemzéssel feltárhatók, amelyek lényegében az üzemidő-hosszabbítás lehetőségét biztosítják.

Az öregedési mechanizmusok a terhelések és környezeti hatások által okozott romlási folyamatok, amelyek lehetnek például az általános és lokális korrózió, az anyagtulajdonságok változása, a fáradás. Az öregedési mechanizmusok eredményeként bekövetkező hatások lehetnek például a repedéskeletkezés, a törési szívósság csökkenése. Az öregedéskezelési program kidolgozásához még hozzá tartozik a romlás szempontjából kritikus helyek meghatározása, amelyek lehetnek például a varratok, a csonkok környezete.

Fentiek minden bonyolultság ellenére csak az öregedéskezelési program alapját adják. Az öregedési folyamatokat, hatásokat ellenőrizni, monitorozni kell, sőt lehetőség szerint mérsékelni kell a romlás ütemét. Ehhez meg kell határozni a jellemző paramétereket, azokat mérni, felülvizsgálni és értékelni kell. Az állapot jellemzéséhez szükség van kritériumokra, amelyek származhatnak szabványokból, a tervből, vagy ezeket is újólag meg kell határozni. A programot teljessé az öregedés mérséklése teszi, ha ez lehetséges. Az öregedés ütemének mérséklése sokféle módon történhet a korrózióvédelmet nyújtó festéstől kezdve a reaktortartály hőkezeléséig.

A végcél az, hogy minden említett lépést, fázist öregedéskezelési programokká integráljunk, melyek meghatározó elemei az atomerőmű hosszú távú üzemeltetését szolgáló programnak.

### *Tudományos feltételek*

Az előzőekből látható, hogy az üzemidő-hosszabbításhoz azonosítani kell az öregedés okát, folyamatát és következményeit. Az öregedett állapotot megfelelő paraméterek monitorozásával, egyértelmű kritériumok alapján értékelni kell, s lehetőség szerint lassítani kell a romlási folyamatot, vagy kontrollálni, csökkenteni kell a következményeit. Ehhez igen jelentős műszaki tudományos ismeretek felhasználására van szükség az atomerőművek tapasztalatainak értékelésén túl.

A tudományos támogatásra, a célzott kutatásokra a biztonsági relevanciától és a gyakorlatban tapasztalt öregedési folyamat különleges voltától függően különböző mértékben van szükség. Vannak olyan esetek, amikor az általános ipari tapasztalatok, ismeretek elégségesek a csupán vizuális ellenőrzéssel történő állapotértékeléshez, s a műszaki-tudományos támogatás mélysége megmarad a tapasztalatgyűjtés és feldolgozás szintjén. Az

olyan különleges folyamatokat, mint a reaktortartály anyagának neutronsugárzás által okozott elridegedése az atomi léptékről indulva, a néhány tíz nanométer és nanosecundum skálán át, a molekuláris dinamika tartományában, a mikronos léptékű skálán egyaránt célszerű vizsgálni ahhoz, hogy a mérnöki módszerek teljes megalapozásáig eljussunk.

A kutatás fundamentális fontosságú és nélkülözhetetlen az üzemelés során még nem tapasztalt, látens öregedési folyamatok felismeréséhez, a konkrét problémák szakszerű és magalapozott megoldásához, a szabványokban, előírásokban szereplő mérnöki módszerek fejlesztéséhez és a kritériumok pontosabbá tételéhez. Ez utóbbiak adják a konzervativizmusok megismerése révén a hosszú távú üzemeltetés lehetőségét is.

A paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbításának a komplex és tudásigényes feladatait a teljes magyar műszaki-tudományos kapacitás bevonásával, közreműködésével lehet megoldani. A munkát szakértői testületek segítik, a legfontosabb területeken, mint a reaktor, a gépésztchnológiai berendezések, az építészeti szerkezetek integritása, az anyagvizsgálat és a vegyészet területén.

A munkában részt vevő magyar szakemberek, tudósok száma nagy. Ha az atomerőművekhez kapcsolódó műszaki diszciplínák képviselői mellett még számításba vesszük a környezeti hatásvizsgálatban közreműködőket is, akkor elmondhatjuk, hogy a paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbítása a magyar szaktudás legösszetettebb gyakorlati alkalmazása, s nemcsak az iparág, hanem egyben a magyar tudomány legnagyobb vállalkozása.

Kulcsszavak: *üzemidő-hosszabbítás, öregedéskezelés, öregedési mechanizmus, öregedési hatások, terhelések, fáradás, felülvizsgálat, engedélyezés*